

Wpłynęło 3.07.2019 r.
Zrecenzowano 12.07.2019 r.
Zaakceptowano 30.07.2019 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

WPŁYW ZAKWASZONEJ GNOJOWICY NA SKŁAD CHEMICZNY GLEBY TRWAŁYCH UŻYTKÓW ZIELONYCH

Jan BARWICKI ^{ABCDEF}, **Marek KIEROŃCZYK** ^{ABCDEF},
Kamila MAZUR ^{ABCDEF}, **Wacław ROMANIUK** ^{ABCDEF},
Kinga BOREK ^{ABCDEF}, **Witold WARDAL** ^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie

Streszczenie

Przedstawiono wpływ stosowania gnojowicy zakwaszonej na skład chemiczny gleby trwałych użytków zielonych. Próby gleby pobierano zgodnie z polską normą z głębokości 0–30 cm, czyli z całego profilu glebowego. Wykorzystanie stężonego kwasu siarkowego do zmniejszania pH gnojowicy, a tym samym zatrzymywania azotu w glebie i w dalszej kolejności wykorzystywania go przez rośliny uprawne daje podwójną korzyść – ogranicza straty azotu i obniża koszty nawozów mineralnych, które należałoby zakupić. Aplikowanie surowej gnojowicy pod powierzchnię gleby przynosi korzyści w postaci ograniczenia emisji amoniaku, ale nie ma wpływu na stosowanie nawozów z dodatkiem siarki, przeciwnie niż stosowanie gnojowicy zakwaszonej. Ograniczenie emisji amoniaku do otoczenia w przypadku, gdy w pobliżu pól uprawnych nawożonych gnojowicą znajdują się osiedla mieszkaniowe, wywiera pozytywny wpływ na mieszkańców, ponieważ ograniczony jest przykry odór gnojowicy.

Słowa kluczowe: *gleby, gnojowica, gnojowica surowa, gnojowica zakwaszona, korzyści, nawożenie, zakwaszenie gleb*

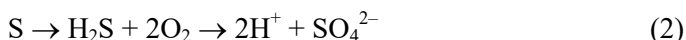
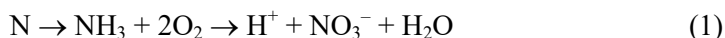
WSTĘP

Stan zakwaszenia gleb jest ściśle związany z ich składem granulometrycznym. W ocenie tej uwzględnia się uproszczoną formę określaną kategorią agronomiczną gleby. Z danych historycznych wynika, że najwięcej gleb bardzo kwaśnych i kwa-

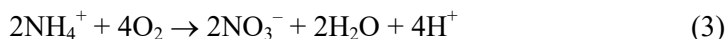
Do cytowania For citation: Barwicki J., Kierończyk M., Mazur K., Romaniuk W., Borek K., Wardal W. 2019. Wpływ zakwaszonej gnojowicy na skład chemiczny gleby trwałych użytków zielonych. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 19. Z. 3 (67) s. 5–13.

śnych w Polsce identyfikowano w utworach o najmniejszym udziale cząstek o wymiarach poniżej 0,02 mm [BARWICKI 2011]. Ponad 42% gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych to gleby bardzo lekkie i lekkie, podczas gdy tylko 12,4% to gleby średnie i zaledwie 6,2% – ciężkie.

Ponadto w Polsce można zaobserwować zjawisko zakwaszania gleb, które systematycznie postępuje. Wpływa na to wiele czynników, z których można wyróżnić naturalne i antropogeniczne [GAĐOR 1986]. Do czynników naturalnych należą: mała zasobność gleb w składniki zasadowe (np. wapń lub magnez), dysocjacja H₂O związanej z glinem, wymywanie jonów zasadowych przez wody opadowe w głąb profilu glebowego, uwalnianie jonów H⁺ i Al³⁺ do gleby poprzez wietrzenie minerałów glebowych, mineralizacja materii organicznej w glebie, w wyniku której powstałe tlenki niemetali (np. NO₃⁻ lub SO₄²⁻) tworzą z wodą kwasy (1) i (2):



Czynnikami tymi są także pobieranie kationów zasadowych przez korzenie roślin, co powoduje zubożenie gleby w te składniki (kationy Ca, Mg, K, Na), oraz nityfikacja jonów NH₄⁺ przez bakterie z rodzaju *Nitrosomonas* i *Nitrobacter* w reakcji (3):



Do czynników antropogenicznych zalicza się m.in.: stosowanie nawozów mineralnych o odczynie kwaśnym (np. superfosfaty pojedyncze) lub fizjologicznie kwaśnym (np. siarczan amonu), kwaśne deszcze o pH 3–5, które powstają w wyniku emisji do atmosfery tlenków niemetali oraz ich reakcji z wodą (mokra depozycja), oraz opadanie na ziemię związków siarki i azotu zawartych w atmosferze w postaci tlenków (sucha depozycja) [KNIGHTS 2000].

Gnojowica jest głównym źródłem emisji azotu amonowego w regionie Morza Bałtyckiego. Emisje atmosferyczne stanowią znaczną część azotu przedostającego się do Morza Bałtyckiego. W odniesieniu do środowiska naturalnego techniki zakwaszania gnojowicy SAT (ang. slurry acidification techniques) przynoszą również wymierne korzyści, gdyż pozwalają zmniejszyć emisję amoniaku o 40–70% w zależności od zastosowanego systemu zakwaszania. Zmniejszają one także emisję tlenków azotu i metanu. Emisje amoniaku z ośmiu państw UE w regionie Morza Bałtyckiego wyniosły 1 227 tys. Mg azotu w 2014 r. Większość krajów tego regionu będzie miała problem z realizacją celów ograniczenia emisji amoniaku. W ostatnich latach emisja NH₃ na tym obszarze zwiększyła się, z wyjątkiem Finlandii, Litwy i Polski [KOMARNISKY 2003].

Istnieją trzy główne typy SAT, czyli techniki zakwaszania gnojowicy: zakwaszanie w budynkach gospodarskich, w zbiornikach na gnojowicę oraz podczas jej rozlewania na pola. Zakwaszanie gnojowicy kwasem siarkowym przynosi korzyści rolnikom poprzez zatrzymanie azotu w gnojowicy i dzięki temu uzyskanie więk-

szych plonów, a dodatkowo wzbogacenie gnojowicy w siarkę [RILEY 2002]. W efekcie prowadzi to do zmniejszenia kosztów nawozów mineralnych w warunkach lepszych plonów. Jednocześnie jednak rolnicy muszą ponieść koszty siarkowego i koszty inwestycyjne na zakup urządzeń do zakwaszania lub koszty usług zakwaszania gnojowicy [WALKER 2003].

Doglebową aplikację surowej gnojowicy z wykorzystaniem zestawu: zbiornik na gnojowicę, glebogryzarka oraz dysze do podpowierzchniowego wprowadzania gnojowicy przedstawiono na fotografii 1. Z kolei wykorzystanie zestawu polowego do rozlewania zakwaszonej gnojowicy na polu wężami wleczonymi przedstawiono na fotografii 2.



Fot. 1. Doglebowa aplikacja surowej gnojowicy z wykorzystaniem zestawu: zbiornik na gnojowicę, glebogryzarka oraz dysze do podpowierzchniowego wprowadzania gnojowicy (fot. *J. Barwicki* – zbiór własny)

Photo. 1. Subsoil raw slurry application using set of machinery: slurry tank, tiller and nozzles for subsurface slurry introduction (photo. *J. Barwicki* – own collection)



Fot. 2. Wykorzystanie zestawu polowego do rozlewania zakwaszonej gnojowicy wężami wleczonymi na polu (fot. *J. Barwicki* – zbiór własny)

Photo. 2. Utilization of field set for spreading acidified slurry in the field with trailing hoses (photo *J. Barwicki* – own collection)

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Zakwaszanie gnojowicy stężonym kwasem siarkowym w zbiorniku Zakładu Doświadczalnego w Biebrzy należącego do Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego (ITP) z wykorzystaniem urządzenia duńskiej firmy przedstawiono na fotografii 3.



Fot. 3. Zakwaszanie gnojowicy w zbiorniku Zakładu Doświadczalnego w Biebrzy (Instytut Technologiczno-Przyrodniczy) z wykorzystaniem urządzenia duńskiej firmy (fot. J. Barwicki zbiór własny)

Photo. 3. Acidification of slurry in the tank on Experimental Farm in Biebrza (Institute of Technology and Life Sciences) using Danish equipment (photo. J. Barwicki own collection)

Badania polowe wykonywano w warunkach rzeczywistych na terenie Zakładu Doświadczalnego w Falentach należącego do ITP. W 2017 r. opady atmosferyczne były wyższe od średniej wieloletniej, natomiast w 2018 r. opady kształtowały się poniżej średniej wieloletniej.

Próby gleby pobierano zgodnie z normą i z głębokości 0–30 cm, czyli z całego profilu glebowego bezpośrednio dostępnego dla traw na trwałym użytku zielonym. Trwałe użytki zielone w okresie prowadzenia badań zajmowały od 65 do 85% powierzchni poletek doświadczalnych. Wartość pH gleby kształtowała się na wybranych poletkach w przedziale od 6,4 (na poletkach bez zakwaszania) do 6,5 (na poletkach poddanych aplikacji gnojowicą zakwaszoną).

W roku 2017 wykonano dwa powtórzenia nawożenia gnojowicą bydlęcą pochodzącą z Zakładu Doświadczalnego w Falentach trwałego użytku zielonego na terenie tego Zakładu Doświadczalnego na glebach mineralnych ze znaczną zawartością składników pokarmowych. Gnojowicę bydlęcą metodą węży ciągnionych (wleczonych) aplikowano w okresie czerwiec–lipiec. Jej skład chemiczny zaprezentowano w tabeli 1. W czerwcu 2017 r. po pierwszym pokosie i przygotowaniu obiektów badawczych przeprowadzono nawożenie na powierzchni 500 m² trwałe-

go użytku zielonego w wariancie nawożenia gnojowicą bydlęcą i gnojowicą bydlęcą zakwaszoną kwasem siarkowym, uprzednio uzyskując wartość pH gnojowicy równą 5,5 podczas wstępnego przechowywania w betonowym, szczelnym zbiorniku na terenie gospodarstwa przez dwa tygodnie [LUKAT, SARTEEL 2013].

Powtórzenie nawożenia na innych obiektach badawczych, będące kolejną próbą polową, wykonano na trwałym użytku zielonym w lipcu po drugim pokosie i przygotowaniu kolejnych obiektów badawczych. Przeprowadzono nawożenie na powierzchni 500 m² trwałego użytku zielonego w wariancie: nawożenie gnojowicą bydlęcą i gnojowicą bydlęcą zakwaszoną kwasem siarkowym, uprzednio również uzyskując pH gnojowicy równe 5,5 podczas wstępnego przechowywania w betonowym, szczelnym zbiorniku na terenie gospodarstwa przez dwa tygodnie.

W roku 2016, poprzedzającym wykonywanie prób polowych, łąki były nawożone na wiosnę gnojowicą bydlęcą w dawce około 50 m³·ha⁻¹, co w przeliczeniu na zawartość azotu wynosiło od 100 do 120 kg N·ha⁻¹.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wartość pH gleby kształtowała się na wybranych poletkach w przedziale od 6,4 (na poletkach bez zakwaszania) do 6,5 (na poletkach z aplikacją gnojowicy zakwaszonej). W ujęciu statystycznym nie były to istotne różnice. Zakwaszenie nie wpływało istotnie na poziom tego parametru. Czyni to proces zakwaszania bezpiecznym dla roślin i środowiska glebowego. Należy stwierdzić, że punktowe zmniejszenie wartości pH poniżej 6,0 powodowało uwalnianie fosforu zawartego w glebie i niedostępnego dla roślin.

Z kolei zawartość azotu całkowitego na omawianych obiektach badawczych kształtowała się na poziomie od 0,2 do 0,3% w przypadku poletek, gdzie zastosowano gnojowicę bydlęcą bez zakwaszenia, oraz w przedziale od 0,3 do 0,4% na poletkach nawożonych gnojowicą zakwaszoną. Obiekty poddane nawożeniu gnojowicą bydlęcą charakteryzowały się bardzo zbliżoną zawartością innych składników odżywczych. Zawartość fosforu w przeliczeniu na czysty składnik wynosiła od 0,3 do 0,4 mg P·kg⁻¹ na poletkach bez stosowania gnojowicy zakwaszonej oraz w zakresie 0,2–0,3 mg·kg⁻¹ na poletkach, gdzie zastosowano gnojowicę zakwaszoną.

Zawartość potasu (K) w glebie przed nawożeniem była przeciętna dla warunków doświadczenia i kształtowała się w zakresie od 0,45 do 0,48 mg·kg⁻¹ w przypadku poletek przeznaczonych do aplikacji gnojowicy niezakwaszonej oraz od 0,40 do 0,45 mg·kg⁻¹ przypadku poletek przeznaczonych do zastosowania gnojowicy zakwaszonej kwasem siarkowym. Wyniki analizy gleby przed zastosowaniem gnojowicy bydlęcej zostały zaprezentowane w tabeli 2. Zakwaszenie gnojowicy przynosi rolnikom podwójną korzyść – po pierwsze zmniejsza emisję amoniaku do atmosfery, a po drugie – poprzez pozostawanie siarki w glebie – zmniejsza koszty zakupu nawozów mineralnych wymaganych w uprawie poszczególnych roślin polowych.

Tabela 1. Skład chemiczny gnojowicy bydłowej wykorzystanej do aplikacji w czasie prób polowych w roku 2017
Table 1. Chemical composition of cattle slurry utilized for application during field trials in 2017

Rodzaj gnojowicy Slurry type	Zawartość suchej masy Dry matter content %	Azot ogólny Total N kg·m ⁻³	N-NH ₄ NH ₄ -N kg·m ⁻³	P kg·m ⁻³	K kg·m ⁻³	S %	pH na powierzchni pola pH on field surface	Ca kg·m ⁻³	C w suchej masie C in dry matter %
Surowa Raw	6,5	3,6	1,8	0,9	2,7	0,2	7,2	0,80	40
Zakwaszona Acidified	6,7	3,6	1,9	0,9	2,9	3	5,86	0,85	34
Surowa Raw	7,2	3,4	2,0	0,9	2,7	0,3	5,7	0,70	41
Zakwaszona Acidified	7,5	3,6	1,8	0,9	2,6	3	5,9	0,63	36

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 2. Skład chemiczny gleby przed zastosowaniem gnojowicy bydłowej
Table 2. Chemical composition of soil analysis before application of cattle slurry

Rodzaj gnojowicy Type of slurry	Numer polotka Plot number	Data Date	pH	N _{og} N _{tot} %		P	K	SO ₄	Ca	Mg	Mn	Zn	Masa organiczna gleby Soil organic matter %	Węgiel organiczny w glebie Soil organic carbon C %	Głębokość Depth cm	Cu mg·kg ⁻¹
				mg·kg ⁻¹												
Surowa Raw	I	10.05.2017	6,4	0,2–0,25	0,3–0,4	0,45–0,48	2	2	100	55	30	2,1	1,6	n.a.	0–30	0,5
Zakwaszona Acidified	II	10.05.2017	6,5	0,3–0,4	0,2–0,3	0,4–0,45	2	2	000	52	34	2,3	1,9	n.a.	0–30	0,2
	III	10.06.2017	6,4	0,25–0,3	0,3–0,4	0,45–0,48	1,5	1	800	53	35	2,3	2,0	n.a.	0–30	0,3
	IV	10.06.2017	6,5	0,3–0,4	0,2–0,3	0,4–0,45	1,3	1	900	58	35	2,3	1,4	n.a.	0–30	0,4

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Tabela 3. Skład chemiczny gleby po pierwszym i po drugim pokosie po uprzednim zastosowaniu gnojowicy bydłęcej zakwaszonej
Table 3. Chemical composition of the soil after the first and after the second cut with previous application of acidified slurry

Termin Time	Data Date	pH	N min $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	P (P_2O_5) $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	K (K_2O) $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	S %	Ca $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$	Mg $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$	Mn $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$	Zn $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}$	Masa orga- niczna gleby Soil organic matter %
Po pierwszym pokosie After first cut	20.06.2017	5,8	0,16	0,06	0,16	n.a.	1 600	0,07	<0,01	0,01	0,8
Po drugim pokosie After second cut	21.07.2017	5,9	0,13	0,05	0,14	n.a.	1 480	0,06	<0,01	0,01	0,7

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

W pierwszych tygodniach po zastosowaniu gnojowicy bydlęcej zakwaszonej kwasem siarkowym pH gleby na łące w warstwie 5–10 cm kształtowało się na poziomie 6,3, natomiast po pierwszym i drugim pokosie nieznacznie zmniejszyło się do wartości 5,8 (tab. 3), co może sugerować chwilowe zachwianie w układzie buforowym gleby na wybranych obiektach badawczych.

WNIOSKI

Zawartość azotu całkowitego w glebie na omawianych obiektach badawczych kształtowała się na poziomie od 0,2 do 0,3% w przypadku poletek, gdzie zastosowano gnojowicę bydlęcą bez zakwaszenia, oraz w przedziale od 0,3 do 0,4% na poletkach, na których stosowano gnojowicę zakwaszoną. Obiekty poddane nawożeniu gnojowicą bydlęcą charakteryzowały się bardzo zbliżoną zawartością innych składników odżywczych. Zawartość fosforu w przeliczeniu na czysty składnik wynosiła od 0,3 do 0,4 mg P·kg⁻¹, w przypadku poletek, na których nie stosowano gnojowicy zakwaszonej, oraz w zakresie 0,2–0,3 mg·kg⁻¹ w przypadku poletek, gdzie zastosowano gnojowicę zakwaszoną.

BIBLIOGRAFIA

- BARWICKI J. 2011. General aspects and international regulations concerning soil tillage conservation from the point of view of agricultural crop production and environment protection. In: Conservation tillage systems and environment protection in sustainable agriculture. Red. E. Kamiński. Falenty. Wydaw. ITP s. 7–21.
- BARWICKI J. 2011. Some aspects of plants cultivation using precision agriculture. In: Development trends in soil cultivation and fertilization engineering in the aspect of organic farming standards. Red. E. Kamiński. Falenty. Wydaw. ITP s. 127–160.
- BARWICKI J., GACH S., IVANOV S. 2011. Input analysis of maize harvesting and ensilaging technologies. Agronomy Research. Vol. 9. Biosystems Engineering. Spec. Iss. 1 s. 31–36.
- GADOR J., MOTOWICKA-TERELAK T. 1986. Wpływ zanieczyszczenia siarką na właściwości gleby i plony w doświadczeniu lizymetrycznym. Wpływ stosowania siarki elementarnej w glebie na plony i skład chemiczny niektórych upraw [Effect of contamination with sulphur on soil properties and crop yields in a lysimetric experiment. Effect of elemental sulphur application to the soil on the yields and chemical composition of some crops]. Pamiętnik Puławski. Nr 88 s. 25–37.
- KNIGHTS J. S., ZHAO F.J. SPIRO B., MCGRATH S.P. 2000. Long-term effects of land use and fertilizer treatments on sulphur cycling. Journal of Environmental Quality. No. 29 s. 1867–1874.
- KOMARNISKY L.A., CHRISTOPHERSON R.J., BASU T.R. 2003. Sulphur: its clinical and toxicologic aspects. Nutrition. No. 19 s. 54–61.
- LUKAT E., SARTEEL M. 2013. Closing the mineral cycles at farm level – Good practices to reduce nutrient loss in the Murcia region (Spain) [online]. Project: Resource Efficiency in Practice – Closing Mineral Cycles. [Dostęp 6.06.2019]. Dostępny w Internecie: ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/pdf/leaflets/Leaflet_Murcia_EN.pdf
- MCGRATH S.P., ZHAO F., BLAKE-KALFF M.M.A. 2003. Sulphur in soils: processes, behaviour and measurement. Fertilizers and Fertilization. No. 2 s. 28–54.

- RILEY N.G., ZHAO F.J., MCGRATH S.P. 2002. Leaching losses of sulphur from different forms of sulphur fertilizers: A field lysimeter study. *Soil Use and Management*. No. 18 s. 120–126.
- SKWIERAWSKA M., ZAWARTKA L., ZAWADZKI B. 2008. The effect of different rates and forms of sulphur applied on changes of soil agrochemical properties. *Plant Soil Environment*. Vol. 54. Iss. 4 p. 171–177.
- WALKER K., DAWSON C. 2003. Sulphur fertiliser recommendations in Europe. *Fertilizers and Fertilization*. No. 3 s. 71–83.

*Jan BARWICKI, Marek KIEROŃCZYK, Kamila MAZUR, Waclaw ROMANIUK,
Kinga BOREK, Witold WARDAL*

INFLUENCE OF ACIDED SLURRY ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF PERMANENT GRASSLAND SOIL

Key words: *acidified liquid manure, benefits, fertilization, liquid manure, raw liquid manure, soil acidification, soils*

S u m m a r y

The state of soil in Poland was presented in the aspect of the necessity of pouring liquid manure onto arable fields and preventing of ammonia to escape into the atmosphere. The use of concentrated sulfuric acid to lower the pH of the slurry and thus retain nitrogen in the soil and then use it by crops gives a double benefit, reduces nitrogen losses and reduces the cost of mineral fertilizers that should be purchased. Injecting raw slurry beneath the soil surface has some benefits in the form of reducing ammonia emissions, but it does not affect the use of fertilizers with the addition of sulfur, which is ensured in the case of slurry acidification.

Adres do korespondencji: dr hab. Jan Barwicki, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie, ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa; e-mail: j.barwicki@itp.edu.pl